

Alberto Torresin
Struttura Complessa di Fisica Sanitaria
 ASST Grande Ospedale Metropolitano Niguarda,
 Milano

Dipartimento di Fisica
 Università degli Studi di Milano

+39339 6953661
 email: alberto.torresin@unimi.it

A. Torresin - Struttura Complessa di Fisica Sanitaria - Dipartimento di Fisica - Milano

HL7

- **Health Level-7** or HL7 refers to a set of international standards for **transfer of clinical and administrative data between software** applications used by various healthcare providers.
- These standards **focus on** the application layer, which is "**layer 7**" in the OSI model. The HL7 standards are produced by the Health Level Seven International, an international standards organization,

A. Torresin - Struttura Complessa di Fisica Sanitaria - Dipartimento di Fisica - Milano

HL7

OSI Model			
Layer	Data unit	Function	Examples
Host layers	7. Application	High-level APIs, including resource sharing, remote file access, directory services and virtual terminals	HTTP, FTP, SMTP, SSH, TELNET
	6. Presentation	Translation of data between a networking service and an application, including character encoding, data compression and encryption/decryption	HTML, CSS, GIF
	5. Session	Managing communication sessions, i.e. continuous exchange of information in the form of multiple back-and-forth transmissions between two nodes	RPC, POP, SSL, SQL
Media layers	4. Transport	Reliable transmission of data segments between points on a network, including segmentation, acknowledgement and multiplexing	TCP, UDP, NETBEUI
	3. Network	Structuring and managing a multi-node network, including addressing, routing and traffic control	IPv4, IPv6, IPsec, AppleTalk, ICMP
	2. Data link	Reliable transmission of data frames between two nodes connected by a physical layer	PPP, IEEE 802.2, L2TP, MAC
	1. Physical	Transmission and reception of raw bit streams over a physical medium	DSL, USB, ISDN

A. Torresin - Struttura Complessa di Fisica Sanitaria - Dipartimento di Fisica - Milano

ACR NEMA DICOM

ACR: American College of Radiology
NEMA: National Electrical Manufacturers Association

DICOM Digital Image and **COM**munication System

A. Torresin - Struttura Complessa di Fisica Sanitaria - Dipartimento di Fisica - Milano

Evoluzione degli standard
 (<http://www.dclunie.com/medical-image-faq/html/part1.html>)

- 1985-ACR NEMA 1.0 SPI
- 1987-HL7
- 1988-ACR NEMA 2.0 (single files without mutual relations)
- 1992-Interfile (for Nuclear Medicine)
- 1994-Papyrus (O. Rath) (Able to store one or more images grouped as folders in files irrespective of the physical media and its file organization format)
- 1994-ACR NEMA DICOM 3.0 ACR NEMA 1 e 2: come un fax
ACR NEMA DICOM 3.0: come una telefonata
- 1999-IHE (DICOM + HL7)
 - integration of processes and functionality
 - demonstrate and disseminate

A. Torresin - Struttura Complessa di Fisica Sanitaria - Dipartimento di Fisica - Milano

Analogia fra la costruzione di una frase e la struttura DICOM

“Store a MR image”

Verbo: → service (DMSE)
 store → DICOM Message Service Element

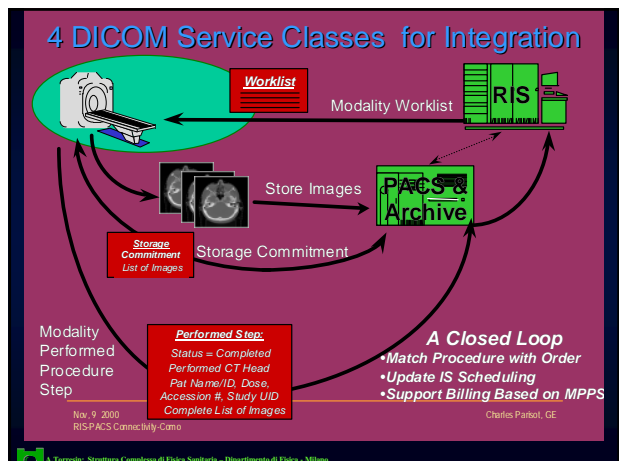
Nome: → Information Object
 MR image

Sentenza generica: → SOP class
 store a MR image → SOP = Service-Object Pair

Sentenza specifica: → SOP instance
 store “that” MR image

A. Torresin - Struttura Complessa di Fisica Sanitaria - Dipartimento di Fisica - Milano

<u>Funzionalità</u>	<u>Standard richiesto (SOP class)</u>
Identificazione del paziente (patient ID, accession number)	DICOM WORKLIST
Inviare immagini	DICOM STORAGE
Stampa	DICOM PRINT
Stato funzionale	DICOM PERFORMED PROCEDURE STEP



DICOM SOP Classes/Roles

- MR scanner says:
 - “I am an MR Image Storage Service Class User (SCU)”
- Workstation may say:
 - “I am an MR Image Storage Service Class Provider (SCP)”

MR images may be transferred to the workstation

By Clunie

DICOM SOP Classes/Roles

- MR scanner says:
 - “I am an MR Image Storage Service Class User (SCU)”
- Workstation may say:
 - “I am not an MR Image Storage Service Class Provider (SCP)
(ws supports other kinds of images like CT and NM)”

MR images may not be transferred to the workstation

By Clunie

DICOM SOP Classes/Roles

- Angiography device may say:
 - “I am an XA Image Storage Service Class User (SCU)”
- Workstation may say:
 - “I am not an XA Image Storage Service Class Provider (SCP) (though I do support other kinds of images like CT and MR)”

This pair cannot transfer XA images

By Clunie

DICOM file

INFO

MOD TYPE: CT_IMAGE_ID

PATIENT MODULE
 Patient's Name: VINDME 261080CT
 Patient ID: 2
 Patient's Birth Date: 2
 Patient's Sex: 2
 Other Patient ID: 2

GENERAL STUDY MODULE
 Study Instance UID: 1.2.840.113704.7.1.2.3547176.4930011
 Study Date: 19991028
 Study Time: 19991028
 Patient's Name: NEUROFADIOLOGIA NIGUARDA MI
 Study ID: 4530
 Accession Number: 224226

PATIENT STUDY MODULE

GENERAL SERIES MODULE
 Modality: CT
 Series Instance UID: 1.2.840.113704.7.1.2.3547095.2216027
 Series Number: 13873
 Patient Position: RPS

GENERAL EQUIPMENT MODULE
 Manufacturer: ELSCINT
 Institution Name: NEUROFADIOLOGIA NIGUARDA MI
 Manufacturer's Model Name: CT TWIN

TAG: the numeric name of an attribute or data element

Table C.11-1
MODALITY LUT MODULE ATTRIBUTES

Attribute Name	Tag	Type	Attribute Description
Modality LUT Sequence	(0028.3000)	1C	Defines a sequence of Modality LUTs. Only one item may be present. Shall not be present if Rescale Intercept (0028.1052) is present.
LUT Descriptor	(0028.3002)	1C	Specifies the format of the LUT Data in this Sequence. See C.11.1.1 for further explanation. Required if the Modality LUT Sequence (0028.3000) is sent.
LUT Explanation	(0028.3003)	3	Free form text explanation of the meaning of the LUT.
Modality LUT Type	(0028.3004)	1C	Specifies the output values of this Modality LUT. See C.11.1.2 for further explanation. Required if the Modality LUT Sequence (0028.3000) is sent.
LUT Data	(0028.3006)	1C	LUT Data in this Sequence. Required if the Modality LUT Sequence (0028.3000) is sent.
Rescale Intercept	(0028.1052)	1C	The value b in relationship between stored values (SV) and the output units specified in Rescale Type (0028.1054). Output units = m ^a SV + b. Required if Modality LUT Sequence (0028.3000) is not present. Shall not be present otherwise.
Rescale Slope	(0028.1053)	1C	m in the equation specified by Rescale Intercept (0028.1052). Required if Rescale Intercept is present.
Rescale Type	(0028.1054)	1C	Specifies the output units of Rescale Slope (0028.1053) and Rescale Intercept (0028.1052). See C.11.1.2 for further explanation. Required if Rescale Intercept is present.

(0004.1400) : UL : Offset of the Next Directory Record : 98626
 (0004.1410) : US : Record In-use Flag : 65535
 (0004.1420) : UL : Offset of Referenced Lower-Level Directory Entity : 0
 (0004.1430) : CS : Directory Record Type : IMAGE
 (0004.1500) : CS : Referenced File ID : 071516000.03415782
 (0004.1510) : UI : Referenced SOP Class UID in File : 1.2.840.10008.5.1.4.1.1.128
 (0004.1511) : UI : Referenced SOP Instance UID in File : 1.3.12.2.1107.5.1.4.40350.2.0.1273733613592269
 (0004.1512) : UI : Referenced Transfer Syntax UID in File : 1.2.840.10008.1.2.1
 (0008.0005) : CS : Specific Character : ISO_IR 100
 (0008.0008) : CS : Image Type : ORIGINAL/PRIMARY
 (0008.0016) : UI : SOP Class UID : 1.2.840.10008.5.1.4.1.1.128
 (0008.0018) : UI : SOP Instance : 1.3.12.2.1107.5.1.4.40350.2.0.1273733613592269
 (0008.0023) : DA : Content Date : 20040122
 (0008.0033) : TM : Content Time : 131105.000000
 (0020.0013) : IS : Instance Number : 1
 (0020.0032) : DS : Image Position (Patient) : -327.65133;-475.64426;-1102.78
 (0020.0037) : DS : Image Orientation (Patient) : 1|0|0|0|1|0
 (0020.0052) : UI : Frame of Reference UID : 1.3.12.2.1107.5.1.4.40350.2.0.1273726718931798
 (0028.0010) : US : Rows : 128
 (0028.0011) : US : Columns : 128
 (0028.0030) : DS : Pixel Spacing : 5.1485132/5.1485132
 (0050.0004) : CS : Calibration Image :

Supp 11

B.5 STANDARD SOP CLASSES

SOP Class Name	SOP Class UID
RT Image Storage	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.481.1
RT Dose Storage	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.481.2
RT Structure Set Storage	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.481.3
RT Plan Storage	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.481.5

Part 4 Addendum Radiotherapy Storage SOP Classes

Conclusioni

DICOM non è "plug and play" ma "plug and work"

- Verificare i dati archiviati su PACS in relazione al loro corretto salvataggio e recupero
 - ⇒ fattori di scala in MRI
 - ⇒ visualizzazione dei parametri di acquisizione
 - ⇒ connettività DICOM
 - ⇒ **corretto recupero** da PACS delle immagini (da WS diverse da quelle di spedizione)
 - ⇒ stampa delle immagini

IHE

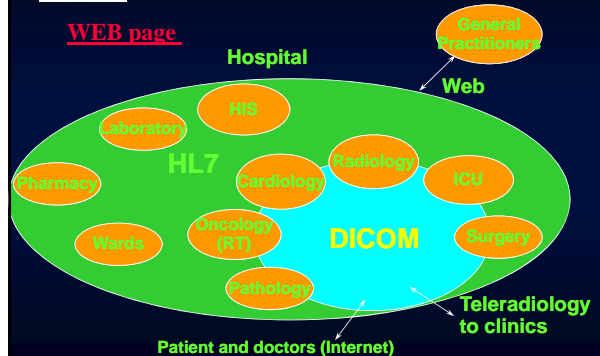
Integrating the Healthcare Enterprise

- IHE has developed a collection of **profiles** which can be leveraged for use by **healthcare communities for the purposes of document sharing**.
- IHE **exchange of health information among disparate clinical information systems and otherwise unaffiliated care providers**
- IHE focuses only on **interoperability** and does not attempt to solve every issue involved in exchanging health information

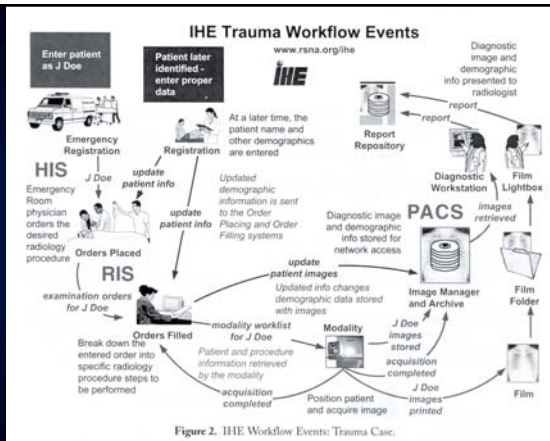
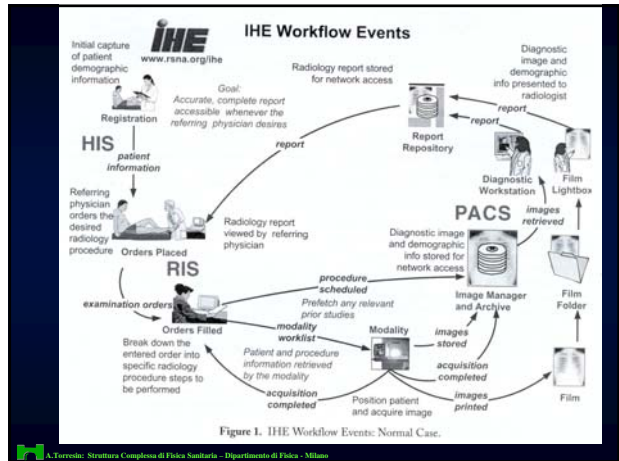
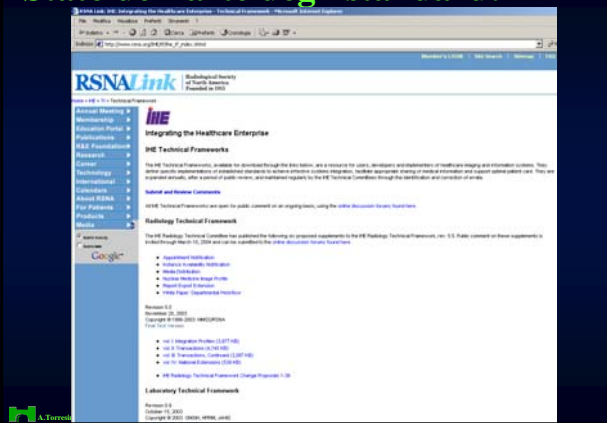
IHE

- IHE profiles describe the **interactions between systems and not the implementation within systems.**
- Interactions between systems are typically described by **transactions** which are technically specific and detailed enough to ensure interoperability among implementing systems

IHE Integrating the Healthcare Enterprise

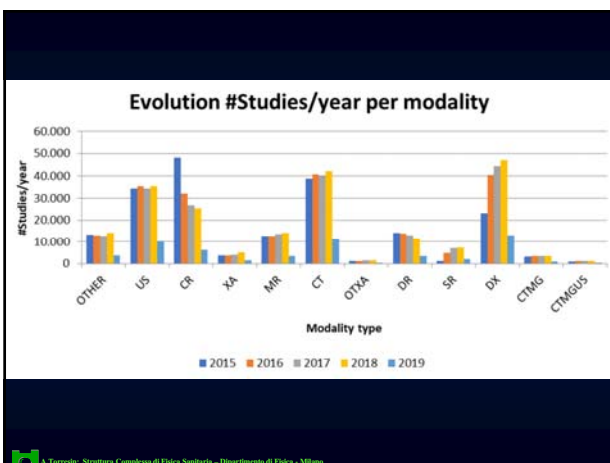
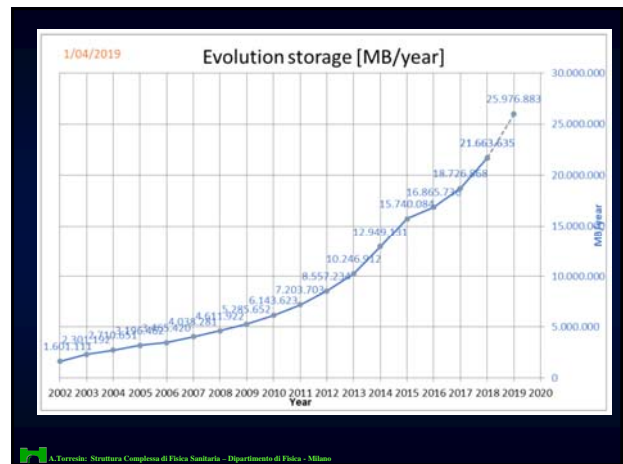
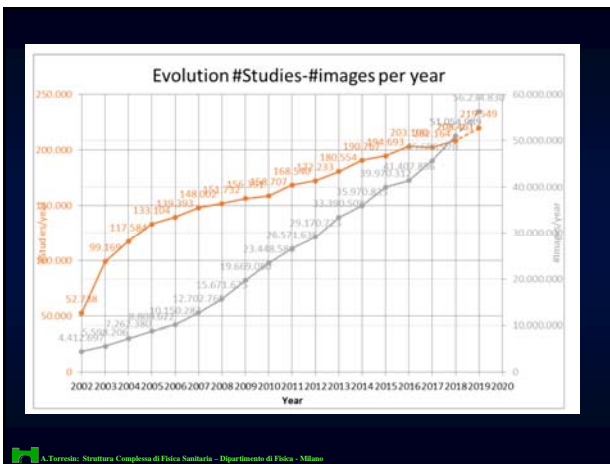
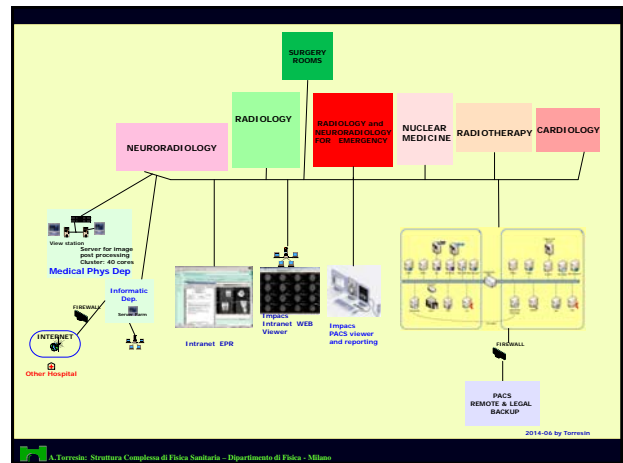


Stato dell'arte degli standard: IHE



Cross-Enterprise Document Media Interchange (XDM)

- The Cross-Enterprise Document Media Interchange (XDM) profile addresses situations where the **electronic exchange of clinical information**
- Provides document interchange using a common file and directory structure over several standard media.
 - This permits the patient to use physical media to carry medical documents.
 - This also permits the use of person-to-person email to convey medical documents.



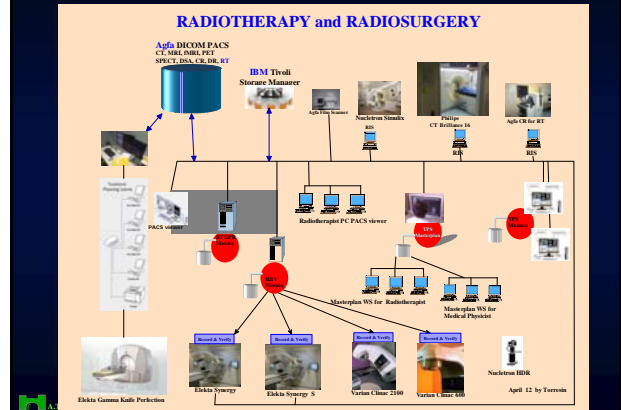
- ## Capire prima di fare...
- In Radiologia/Neuroradiologia
 - In Medicina Nucleare
 - In Radioterapia
 - In Neurochirurgia
 - In Cardiologia
 - Gestione del dato dosimetrico
- A.Torresin, Struttura Complessa di Fisica Sanitaria - Dipartimento di Fisica - Milano

Aspetti peculiari

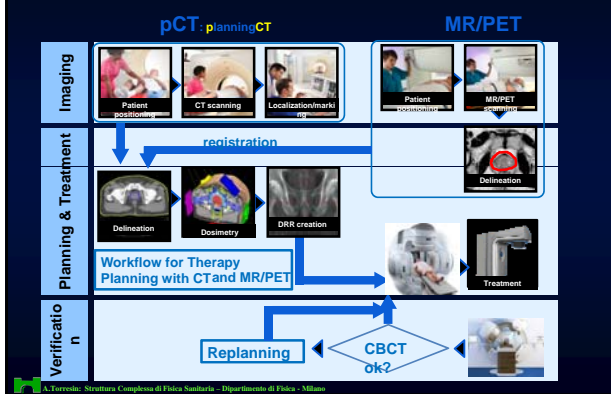
- RT

Tra le poche integrazioni PACS in Radioterapia

PACS in Radiotherapy



RT workflow



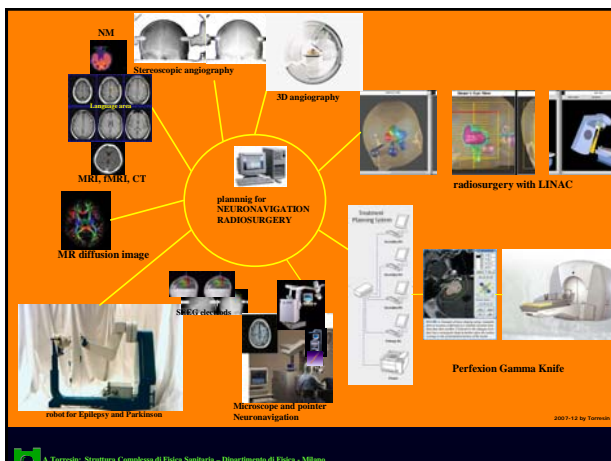
Aspetti peculiari

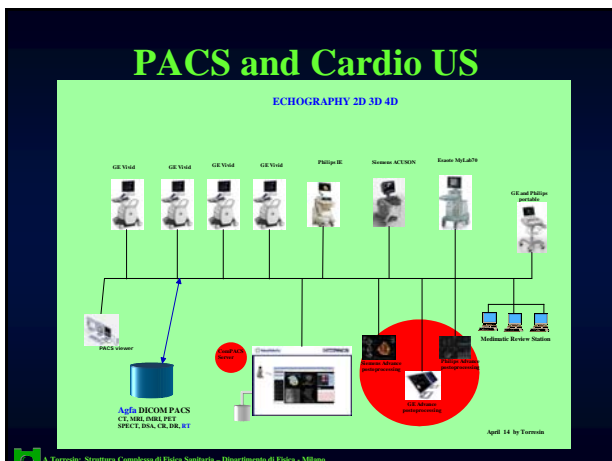
- Integrazioni NCH



Aspetti peculiari

- Cardio





- ### Cosa e' cambiato in 15 anni? (dalla parte della Enti internazionali)
- DICOM e IHE: organizzazione volontaria (comunità scientifica e aziende)
 - DICOM ha 31 Comitati (Chair's, Secretaries, Members)
 - DICOM WG28 – Fisica
 - Gli standard DICOM e i profili IHE sono in continua evoluzione (MRI, RDSR, ...)
 - Discussione democratica
 - non sempre sono applicati dalle aziende (IHE RO profile)
 - Non esiste un organismo certificatore DICOM
 - IHE: ambiti sperimentali Connectathon

- ### Cosa e' cambiato in 15 anni? (dalla parte dell'area medica)
- Le dimensioni degli esami è ampiamente aumentato (vantaggi e limiti)
 - Le "lastre" sono sparite, solo connessioni Intranet
 - Radicale diversità nel modo di approcciare la discussione clinica interdisciplinare dei casi clinici
 - Le immagini e gli standard di comunicazione GOVERNANO/INFLUENZANO le decisioni di pianificazione radioterapica, chirurgica guidata
 - Grande complessità sui problemi della Privacy

- ### Cosa e' cambiato in 15 anni? (dalla parte delle Aziende)
- Non tutte le aziende partecipano attivamente alla creazione degli standard (poi li applicano??)
 - Gli standard DICOM e i profili IHE sono in continua evoluzione (MRI, RDSR, ...) e non sempre sono applicati dalle aziende (IHE RO profile)
 - Sempre più i fornitori conoscono solo una parte dei problemi

- ### Cosa e' cambiato in 15 anni? (dalla parte della Fisica)
- La Fisica Sanitaria/Medica e' cresciuta in competenza e consapevolezza; non eludibile il nostro lavoro per la corretta gestione dell'imaging nella pratica clinica e nella ricerca
 - I sistemi PACS che hanno impatto nella clinica hanno un gruppo di fisici medici attivi nel team di lavoro (spesso sono i leader)
 - Il problema della dose al paziente e' un tema cruciale e lo sarà sempre più; necessaria integrazione PACS e sistemi di tracciatura della dose da radiazioni ionizzanti

Cosa stiamo comprendendo da queste esperienze?

- Le necessità sanitarie devono guidare le soluzioni tecnologiche
- L'utente non deve abdicare alla sua funzione di guida
- Cercare di dare una risposta alle domande delle nostre strutture



A. Torresin - Struttura Complessa di Fisica Sanitaria - Dipartimento di Fisica - Milano

Come sarà la gestione dei dati digitali nel futuro?

- Partire dai problemi e non dalla tecnologia
- Aperto oltre l'area radiologica e per questo indispensabile all'area radiologica
- Deve gestire i formati standard e i flussi di lavoro richiesti
- Security
- Privacy

- **Artificial Intelligence !! Radiomica ???**

A. Torresin - Struttura Complessa di Fisica Sanitaria - Dipartimento di Fisica - Milano

Tre scenari quale strada percorrere?

- Nuova acquisizione
- Aggiornamento
- Nuova riprogettazione (non più possibile un aggiornamento)



David Maisel

A. Torresin - Struttura Complessa di Fisica Sanitaria - Dipartimento di Fisica - Milano

Come sarà la gestione dei dati digitali nel futuro?

- Rispetto della legislazione (10 anni archivio immagini, illimitato per referti)
- Distinzione fra
 - flusso di lavoro radiologico (produzione delle apparecchiature)
 - richiesta esterna di consultazione immagini (per specifiche esigenze cliniche)
- Indicare le performance quantitative e qualitative
- Prevedere i flussi di attività
- Interconnessioni tra i sistemi e transazioni
- SLA
- Sostenibilità economica

A. Torresin - Struttura Complessa di Fisica Sanitaria - Dipartimento di Fisica - Milano

Primo Livello

- Seguire i **profili IHE Radiology, RO, ...!!!**
- Archivi DICOM usati per refertazione diagnostica (usando Report strutturato, dettatura vocale e firma elettronica)

A. Torresin - Struttura Complessa di Fisica Sanitaria - Dipartimento di Fisica - Milano

Primo Livello

- **Prima dell'esame:**
 - Dal consenso del paziente, all'anagrafica locale, alla prescrizione clinica, alla gestione delle richieste (interne ed esterne), creazione di ADT e della Working list DICOM.
- **Dopo l'esame:**
 - Gestione regionale della dose erogata al paziente
 - Tracciatura gestionale dei processi MPPS (integrazione con HIS (RIS) e PACS)
 - Gestione immagini con adeguato post processing
 - integrazione (API) con SW di terze parti di radiologia, ecografia cardio 4D, gastroenterologia, medicina nucleare, radioterapia (anche anatomia patologica??), attività di pianificazione e display in sala operatoria
 - Report strutturato e firma digitale
 - Archivio aziendale (repository XDS)
 - Conservazione sostitutiva del referto

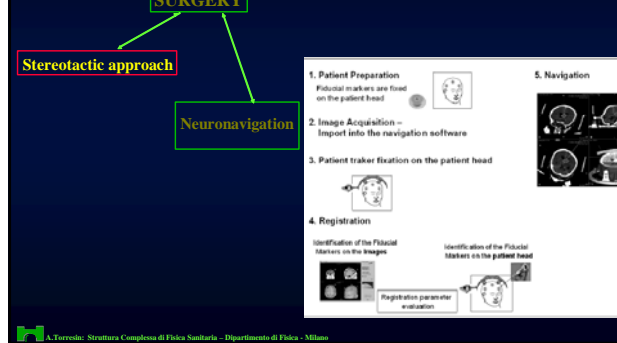
A. Torresin - Struttura Complessa di Fisica Sanitaria - Dipartimento di Fisica - Milano

Secondo livello

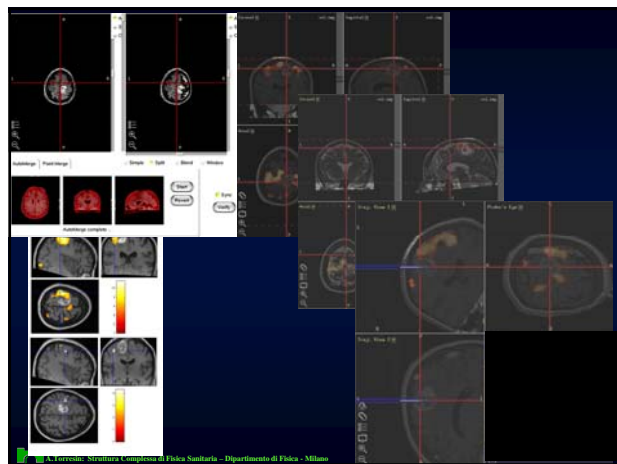
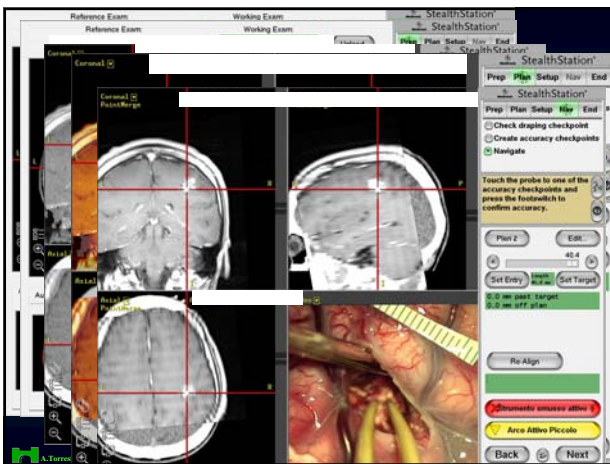
- Gestione dei processi di riconciliazione e invio messaggi di allineamento ai sistemi coinvolti
- Partire dall'anagrafica aziendale per funzionali integrazioni con anagrafica nazionale e regionale
- Fornire l'infrastruttura per il sistema di fascicolo sanitari regionale e per ogni applicativo di visualizzazione di precedenti esami in sede extraradiologico (consulenza, specialista, medico di base...)
- Referti e immagini "in rete" (no CD/DVD) per il paziente
- Interazione XDS con altri ospedali per accedere a sistemi documentali periferici

A. Torresin, Struttura Complessa di Fisica Sanitaria - Dipartimento di Fisica - Milano

Pianificazione per la Neurochirurgia



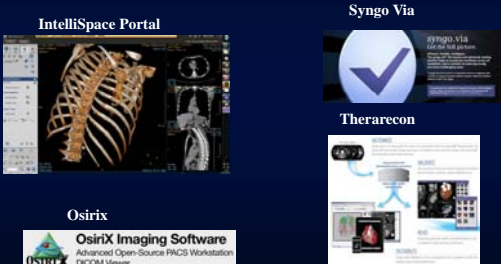
A. Torresin, Struttura Complessa di Fisica Sanitaria - Dipartimento di Fisica - Milano



A. Torresin, Struttura Complessa di Fisica Sanitaria - Dipartimento di Fisica - Milano

Aspetti peculiari

- Post processing (da PACS)



A. Torresin, Struttura Complessa di Fisica Sanitaria - Dipartimento di Fisica - Milano

Image Post processing (1/3)

- **Image post processing** in medicine starts with digital images (CT)
- Software used inside the **Acquisition Console**
- Software used by **Dedicated Workstation** of different image modalities (CT, MRI, angio,...)
- Software for image analysis and display

A. Torresin, Struttura Complessa di Fisica Sanitaria - Dipartimento di Fisica - Milano

Image Post processing (2/3)

- “**Open Source**” Software for specific applications and research
 - Trackvis/Diffusion toolkit - MGH, Boston, MA
 - <http://www.trackvis.org/>
 - FSL - Oxford, UK
 - <http://fsl.fmrib.ox.ac.uk/fsl/fslwiki/>
 - 3D Slicer
 - <http://www.slicer.org/>
 - Freesurfer
 - <http://surfer.nmr.mgh.harvard.edu/>

A. Torresin, Struttura Complessa di Fisica Sanitaria - Dipartimento di Fisica - Milano

Image Post processing (3/3)

- From Dedicated Workstation (Stand alone Application) TO **Server Application**
- The SW is installed on the server
 - Thin client connection
 - Client – server application
- The network capabilities are very important

A. Torresin, Struttura Complessa di Fisica Sanitaria - Dipartimento di Fisica - Milano

Why IntelliSpacePortal (ISP) inside Niguarda Ca' Granda Hospital ?



- Hospital “patient oriented”: the technologies and the health workers “follow the patient”
- Images are “**on demand**” in all the sites of the Hospital
- **Advanced post processing procedures** are not only single modality oriented

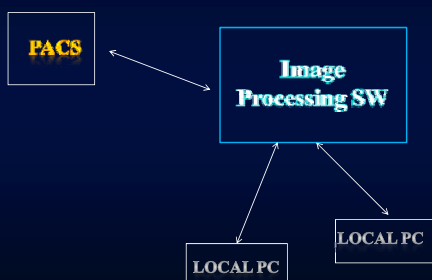
A. Torresin, Struttura Complessa di Fisica Sanitaria - Dipartimento di Fisica - Milano

ISP at Niguarda Ca' Granda configuration

- Image Processing SW installed in **Server Farm**
- “**Thin Client**” solution
 - The “thin client” PC uses:
 - monitor or monitors (2 for example)
 - mouse
 - keyboard
 - network
- All the **image activities** are made from the server

A. Torresin, Struttura Complessa di Fisica Sanitaria - Dipartimento di Fisica - Milano

Image Processing SW at Niguarda workflow



A. Torresin, Struttura Complessa di Fisica Sanitaria - Dipartimento di Fisica - Milano

- Profiles of Niguarda ISP users:
 - Radiology, Interventional Radiology and Neuroradiology
 - Nuclear Medicine

 - Radiotherapy
 - Surgery (endovascular planning, neurosurgery, cardiology, ...)
 - Intensive Care
 - Medical Physics

A. Torresin, Struttura Complessa di Fisica Sanitaria - Dipartimento di Fisica - Milano

ISP at Niguarda Ca' Granda commissioning

- The ISP SW is **CE** and **FDI** approved BUT the SW must be used in the right way
 - Hospital **validation** is mandatory
- Monitor/s:
 - Define the monitor/s in connection with clinical application
 - Reporting (it depends on images: DR/CR/mammo is not CT/MR)
 - Post processing
 - Clinical viewing

A. Torresin, Struttura Complessa di Fisica Sanitaria - Dipartimento di Fisica - Milano

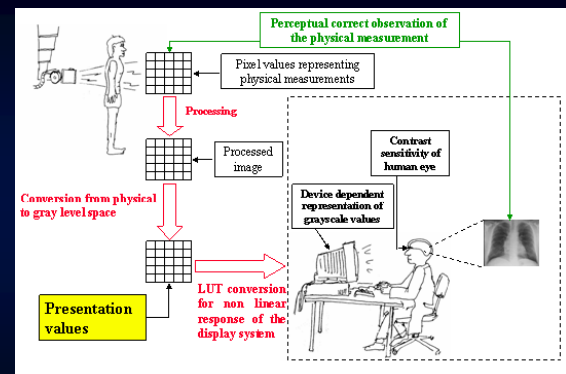
Image Display

A. Torresin, Struttura Complessa di Fisica Sanitaria - Dipartimento di Fisica - Milano

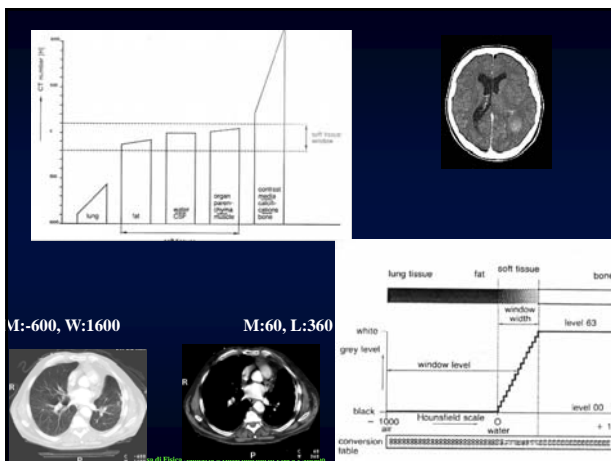
Le workstation per la gestione delle immagini

- diagnostica e refertazione (prescrizioni funzionali comuni)
- diagnostica ad alta risoluzione (Radiologia/Neuroradiologia)
- diagnostica per Soft Display Reporting
- diagnostica Avanzata (Radiologia/Neuroradiologia)
- per visualizzazione in reparto di immagini e referti
- per Teleradiologia

A. Torresin, Struttura Complessa di Fisica Sanitaria - Dipartimento di Fisica - Milano



A. Torresin, Struttura Complessa di Fisica Sanitaria - Dipartimento di Fisica - Milano



Attenzione ai monitor!

- I monitor (nelle WS di refertazione particolarmente) devono poter riprodurre un'immagine di **qualità adeguata**;
- Se uso più di un monitor la risposta deve essere uguale
- Lo standard di qualità deve essere mantenuto nel tempo

A. Torresin, Struttura Complessa di Fisica Sanitaria - Dipartimento di Fisica - Milano

